

KASVUN JA AIKUISPAINON PERINNÖLLINEN YHTEYS SUOMALAISELLA AYRSHIRE-RODULLA

Eeva Pääläinen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kotieläintiede
Tammikuu 2018

HELSINGIN YLIOPISTO - HELSINGFORS UNIVERSITET - UNIVERSITY OF
HELSINKI

Tiedekunta/Osasto - Fakultet/Sektion - Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos - Institution - Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä - Författare - Author Eeva Pääläinen			
Työn nimi - Arbetets titel - Title Kasvun ja aikuispainon perinnöllinen yhteys suomalaisella ayrshire-rodulla			
Oppiaine - Läroämne - Subject Kotieläintiede			
Työn laji - Arbetets art - Level Maisterintutkielma	Aika - Datum - Month and year Tammikuu 2018	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 44 s.	
<p>Tiivistelmä - Referat - Abstract</p> <p>Karjatilallisten tavoitteena on saada hyvä tuotto kasvattamalla uudistukseen käytettävät hiehot pienillä kustannuksilla. Toisaalta ympäristö on huomioitava tuotannossa. Vuonna 2015 maatalouden osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli 12 prosenttia. Jalostusvalinnalla voidaan vaikuttaa tuotantokustannuksiin ja tuotannon ympäristökuormitukseen. Nopea kasvu lyhentää teuraseläimen kasvatusaikaa, jolloin resurssit vapautuvat nopeasti seuraavalle kasvatettavalle eläimelle ja eläin tuottaa hitaasti kasvavaan eläimeen verrattuna vähemmän päästöjä elämänsä aikana. Eläimen aikuispaino ei kuitenkaan saisi nousta, etteivät sen ruokintakustannukset tai tuottamien päästöjen määrä nousisi.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitettiin nuorten sonnien ja hiehojen kasvun ja täysikasvuisten lehmien painon välistä yhteyttä ayrshire-rotuisilla naudoilla. Aineistot rajattiin ja yhdistettiin Rohjelmalla. Kasvuhavainnot olivat 16 – 24 kuukauden ikäisiltä sonneilta ja 14 – 22 kuukauden ikäisiltä hiehoilta. Aikuispainohavainnot olivat yli 600 ja alle 2190 päivän ikäisiltä lehmiltä. Varianssikomponentit analysoitiin AI-REML menetelmällä. Kasvun periytymisasteen ja kasvun ja aikuispainon geneettisen korrelaation arvioinnissa käytettiin eläinmallia. Aikuispainon periytymisasteen arvioinnissa käytettiin toistuvuuseläinmallia, koska lehmistä oli useita havaintoja.</p> <p>Periytymisasteet olivat melko korkeita kummallekin ominaisuudelle; kasvu 0,36 – 0,37 (keskivirhe SE 0,018 – 0,019) ja painolle 0,43 – 0,44 (SE 0,0094 – 0,010). Painon toistuvuus oli 0,63. Ominaisuuksien väliseksi korrelaatioksi saatiin 0,57 (SE 0,0296). Korrelaatio oli pienempi kuin aiemmissa tutkimuksissa. Tämän tutkimuksen perusteella kasvun lisääminen kokonaisjalostusarvoindeksiin mahdollistaisi kasvun jalostamisen ja se olisi myös taloudellisesti kannattavaa ja ympäristöä säästävää. Tuloksia voidaan hyödyntää jalostusohjelman kehittämisessä.</p>			
Avainsanat - Nyckelord - Keywords lypsykarja, aikuispaino, kasvu, geneettinen korrelaatio, ayrshire			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Further information Työtä ohjasi Jarmo Juga			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Eeva Pääläinen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Genetic relationship between growth and live weight in Finnish Ayrshire breed			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal Breeding			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year January 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 44 p.
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>A goal of a livestock farmer is to get the best possible profit by rearing heifers for replacement with the lowest possible cost. On the other hand, the environment must be taken into account in production. In 2015, agriculture produced 12 per cent of Finland's greenhouse gas emissions. Breeding choices can affect production costs and the environmental impact of production. Rapid growth shortens the rearing time of slaughter animals, allowing the resources being released quickly to the following animals. A rapid growing animal will produce less emissions during its lifetime compared to a slow-growing animal. However, the weight of an adult animal should not rise because increase of weight will increase the animal's feeding costs and if the animal eats more it will produce more emissions.</p> <p>This study investigated the relationship between the growth of young bulls and heifers and weight of adult cows in Ayrshire breed. Research material was provided by The Finnish Animal Breeding Association (Faba Osk). The materials were edited and analyzed using the R software. Growth observations ranged from 16 to 24 months old bulls and from 14 to 22 months old heifers. Weight observations were from cows which were more than 600 and under 2190 days old. Variance components were analyzed using the AI-REML method. The repeatability animal model was used for predicting heritability of live weight, as several observations were available for cows. The animal model was used for predicting heritability of growth and a genetic correlation between growth and weight.</p> <p>Heritabilities were quite high for both characteristics; for growth 0,36 to 0,37 (standard error SE 0,018 to 0,019) and for live weight 0,43 to 0,44 (SE 0,0094 – 0,010). The repeatability of weight was 0,63. A correlation between the characteristics was 0,57 (SE 0,0296). The correlation was lower than in previous studies. Based on this research, adding growth to the total merit index would be possible. Thus, breeding of growth would be possible and it would also be economically profitable and environmentally friendly. The results can be utilized in the development of the breeding program.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords dairy cattle, weight, growth, genetic correlation, Ayrshire			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor Jarmo Juga			

SISÄLLYS

SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	6
2.1 NAUDAN PAINO- JA KASVUTAVOITTEET	6
2.2 PAINON JA KASVUN VAIKUTUS TUOTANNOSSA	7
2.3 PAINON JA KASVUUN VAIKUTTAVAT EI-GENEETTISET TEKIJÄT	9
2.4 PAINON PERINNÖLLISET TUNNUSLUVUT	10
2.5 KASVUN PERINNÖLLINEN VAIHTELU	11
2.6 PAINON JA KASVUN YHTEYS	11
2.6.1 <i>Fenotyypinen yhteys</i>	11
2.6.2 <i>Geneettinen yhteys</i>	12
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	12
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	13
4.1 AINEISTON KUVAUS JA ESIKÄSITTELY	13
4.2 TUTKITTAVAT OMINAISUUDET JA AINEISTON RAJAUS.....	14
4.2.1 <i>Aikuispaino</i>	14
4.2.2 <i>Kasvu</i>	15
4.2.3 <i>Painon ja kasvun korrelaatio</i>	16
4.3 KIIENTEÄT TEKIJÄT JA NIIDEN ALALUOKAT	16
4.3.1 <i>Aikuispaino</i>	16
4.3.2 <i>Kasvu</i>	20
4.4 TILASTOLLISET MENETELMÄT JA KÄYTETYT MALLIT	22
4.4.1 <i>Aikuispaino</i>	22
4.4.2 <i>Päiväkasvu</i>	24
4.4.3 <i>Aikuispainon ja kasvun analyysi yhdessä</i>	24
5 TULOKSET	25
5.1 TUTKITTAVIEN MUUTTUIJEN KESKIARVOT JA VAIHTELU	25
5.2 KIIENTEIDEN TEKIJÖIDEN VAIKUTUS.....	27
5.2.1 <i>Aikuispaino</i>	27
5.2.2 <i>Kasvu</i>	30
5.3 PERIITYMISASTEET, KORRELAATIO JA PERINNÖLLINEN MUUTOS	31
6 TULOSTEN TARKASTELU	32
6.1 AINEISTO JA MENETELMÄT	32
6.2 KESKIARVOT	34
6.3 OMINAISUUKSIIEN PERIITYMINEN JA KORRELAATIO SEKÄ PERINNÖLLINEN MUUTOS	35
6.3.1 <i>Aikuispaino</i>	35
6.3.2 <i>Kasvu</i>	36
6.3.3 <i>Aikuispainon ja kasvun geneettinen korrelaatio</i>	36
6.3.4 <i>Kasvun ja aikuispainon muutos</i>	37
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
8 KIITOKSET	39
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Nuorten eläinten tehokas kasvu on toivottavaa taloudellisesta näkökulmasta, sillä nopea kasvu lyhentää eläimen kasvatusaikaa ja pienentää kustannuksia. Lypsykarjalla kasvun tehostuminen olisi toivottava ominaisuus ainoastaan nuorilla eläimillä, koska täysikasvuisten lehmien painolla on negatiivinen taloudellinen arvo. Negatiivinen arvo johtuu siitä, että eläimen ruokinta- ja ylläpitokustannukset kasvavat eläimen painon noustessa (Visscher ym. 1994, Arthur ym. 2009, Arthur ym. 2010).

Toisaalta tuotannossa olisi huomioitava ympäristönäkökulma. Nauta on merkittävä kasvihuonekaasujen aiheuttaja, etenkin metaanin (CH_4) ja dityppioksidin (N_2O) osalta (Wall ym. 2010). Nauta tuottaa metaania pötsissä ja suolistossa tapahtuvan fermentaation seurauksena, joten metaania vapautuu ilmaan eläimen röyhtäillessä ja osa metaanista kulkeutuu lannan mukana ympäristöön (Arthur ym. 2009). Karjantuotanto aiheuttaakin lähes viidenneksen ilmastonmuutokseen johtavista päästöistä, kun huomioidaan koko tuotantoketju (Steinfeld ym. 2006, 271). Vuonna 2015 maatalouden osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli 12 %, eli noin 6,5 miljoonaa tonnia, josta 33 % aiheutui kotieläinten ruoansulatuksesta (Tilastokeskus 2017). Vuonna 2015 Suomen kotieläinten päästöistä 91 % oli peräisin nautakarjasta (Tilastokeskus 2017).

Päästöjä voidaan vähentää tehokkaalla tuotannolla, vähentämällä rehuylimäärää ja hyödyntämällä jalostusvalinnassa ominaisuuksia, joilla voidaan säännellä päästöjä (Wall ym. 2010). Lihakarjalla kasvatus päättyy teurastukseen, kun tavoitepaino on saavutettu. Nopea kasvu teuraskypsyyden saavuttamiseksi olisikin ympäristöystävällinen tavoite, sillä nopeasti tavoitepainoon kasvavan eläimen ylläpitopäivien määrän vähetessä eläin tuottaa vähemmän kasvihuonekaasuja tuoteyksikköä kohden hitaasti kasvaviin ja pidemmän kasvatusajan vaativiin eläimiin verrattuna (Arthur ym. 2009, Pesonen ja Huuskonen 2014). Kasvun jalostaminen nuorilla lypsyrotuisilla naudoilla vähentäisi tuotannon ympäristöpäästöjä, mikäli täysikasvuisten eläinten painot eivät nousisi. Näin ollen tutkimuksen tavoitteena on selvittää aikuispainon ja kasvun välistä yhteyttä.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Naudan paino- ja kasvutavoitteet

Naudan paino vaihtelee eläimen kasvaessa ja lypsylehmän eri tuotantovaiheissa. Paino onkin tärkeä uudistukseen kasvatettavien hiehojen tuottoon vaikuttava tekijä, sillä se vaikuttaa eläimen ruokintakuluihin, teurashintaan ja sukukypsyYTEEN (Mourits ym. 1999). Eläimen kasvu vaikuttaa sen kasvatuskauden pituuteen ja kustannuksiin. Kun teuraseläin kasvaa nopeasti tavoitepainoon, teurastus on mahdollista nuorempana ja eläimen kasvatukseen tarvittava aika lyhenee, jolloin tuotannon resurssit vapautuvat nopeammin seuraavalle kasvatettavalle eläimelle. Viljelijöiden tavoitteena onkin maksimoida tuotto kasvattamalla uudistukseen käytettävä hieho mahdollisimman pienillä kustannuksilla (Mourits ym. 1999). Yleensä tätä tavoitellaan lyhentämällä kasvatusaikaa esimerkiksi aikaistamalla siemennystä ja siten ensimmäistä poikimista, jolloin maidontuotanto alkaa aikaisemmin.

Suurikokoisten hiehojen kasvutavoite on 700 – 800 grammaa päivässä (Palmio ym. 2014). Pienemmällä kasvulla hiehon siemennyspaino saavutetaan tavoitetta myöhemmin ja siemennysikä nousee. Hiehon ihannepaino on siemennettäessä 55 %, ennen poikimista 94 % ja poikimisen jälkeen 85 % aikuispainosta (Akins 2016). Vuonna 2013 ayrshirelehmien keskimääräinen paino oli 597 kg (Faba Osk, verkkolähde, viitattu 28.9.2017). Sekä holstein- että ayrshirehiehojen tavoitesiemennysikä on 14 – 15 kuukautta (Bailey ja Murphy 2009) ja optimaalinen hiehonkasvatus uudistukseen tavoittelee ensimmäistä poikimista 22 – 24 kuukauden iässä (Akins 2016). Jotta holsteinhieho voisi poikia 24 kuukauden iässä, sen tulisi saavuttaa siemennyskoko 13 kk:n ikään mennessä ja Raisioagron (2017) mukaan hiehon siemennys onkin mahdollista jo 13 kuukauden iässä. Tuon saavuttamiseksi holsteinhieho tulisi kasvaa vieroituksen jälkeen keskimäärin 900 – 1000 grammaa päivässä (Raisioagro 2017). Ayrshirehiehojen päiväkasvu voi olla 100 grammaa pienempi, mutta esimerkiksi Huuskosen ym. (2009) tutkimuksessa ayrshirehiehojen päiväkasvu oli kuuden kuukauden iästä teurastukseen keskimäärin 875 – 1065 grammaa.

Lihantuotantoa ajatellen päiväkasvutavoite on maitorotuisilla sonneilla 1200 grammaa (Leena Mänkari, Faba Osk, keskustelu 26.9.2017). Suomessa suurin osa, 80 %, naudanlihasta tuotetaan maidon ohella (Pesonen ja Huuskonen 2014). Nautojen teuraspainoa on nostettu ja maitorotuiset sonnit kasvatetaan aiempaa suuremmiksi, jotta on voitu vastata kotimaisen lihan kysyntään (Huuskonen ym. 2005). Kehitys on havaittavissa tutkimuksista, sillä Huuskosen ym. (2005) tutkimuksessa sonnien päiväkasvut ruokintakokeen aikana olivat 1090 – 1205 gramma ja sonnien loppupainot olivat 649 – 660 kg ja uudemmassa Huuskosen ja Joki-Tokolan (2014) tutkimuksessa sonnien loppupaino oli korkeampi (666 – 695 kg) ja kasvu tehokkaampaa (1173 – 1252 g/pv). Maitorotuisille lihasonneille on laskettu Huuskosen ym. (2005) tutkimuksessa painojen ja kasvun optimiarvot vuoden 2005 hintojen ja tukien perusteella. He totesivat, että 520 kg:n elopaino teurastaessa ja 13 – 14 kk:n teurastusikä olivat vuoden 2005 hintojen ja tukien tasolla taloudellisesti optimaalisimmat.

2.2 Painon ja kasvun vaikutus tuotannossa

Vaikka kasvun taloudellinen arvo on Hietalan ym. (2014) mukaan positiivinen (0,3 – 0,4 €/g/pvä eläintä kohden vuodessa), NAV :n (2017) mukaan eläinten geneettinen kasvupotentiaali, joka sisältää ruhon päiväkasvun, ei ole viime vuosikymmeninä muuttunut juuri lainkaan. Lehmien paino on kuitenkin noussut ajan kuluessa (Hietanen ja Ojala 1995). Tuotoksen jalostaminen on yhteydessä painojen kasvuun, sillä suuri eläin voi syödä enemmän ja painavat lehmät tuottavat enemmän maitoa (Hietanen ja Ojala 1995). Syönnillä onkin positiivinen yhteys eläimen painoon, mutta tuotoksen ja painon välinen yhteys on ollut tutkimuksissa sekä negatiivinen että positiivinen (Van Arendonk ym. 1991, Hietanen ja Ojala 1995, Veerkamp ja Brotherstone 1997). Vaikka tuotoksella ja syönnillä on positiivinen yhteys, ei syönnin lisääntyminen riitä korvaamaan korkean tuotoksen aiheuttamaa energiatarvetta (Van Arendonk ym. 1991). Loppulaktaation ja ummessaolokauden syönti voi kuitenkin olla eläimen energiatarvetta suurempi, jolloin energiaa varastoituu kudoksiin ja eläimen paino nousee. Eli eläimen energiatasapaino vaikuttaa tuotoksen ja painon väliseen yhteyteen (Veerkamp ja Brotherstone 1997). Eläimen syönnin ja ympäristöpäästöjen määrän välillä on voimakas positiivinen yhteys (Boadi ja Wittenberg 2002). Lihakarjalla tehdyissä tutkimuksissa koon ja kasvun suh-

teen oletettua enemmän syöneet naudat kuluttivat enemmän rehua ja tuottivat enemmän sontaa ja ympäristöpäästöjä suhteessa saman koko- ja kasvuluokan eläimiin, jotka söivät vähemmän (Alford ym. 2006, Nkrumah ym. 2006).

Lypsylehmän aikuispainon nouseminen aiheuttaa myös muita haasteita tuotannossa. Painon nouseminen voi johtaa terveys- ja tuotosongelmiin sekä aikaiseen poistoon (Coffee ym. 2006). Isot lehmät tiinehtyvät pieniä heikommin ja lehmän korkea paino voi Hietasen (1992) mukaan johtaa vasikoiden suurempiin syntymäpainoihin ja siten lisätä poikimavaikeuksia. Painavat lehmät myös vaativat pienempiä lehmiä enemmän energiaa ylläpitoon, jolloin kustannukset kasvavat. Lihantuotannossa naudan kokonaisenergiatarpeesta 70 – 75 prosenttia menee ylläpitotarpeen täyttämiseen (Pesonen 2010). Ylläpitokustannus kullakin hetkellä on riippuvainen eläimen syömän rehun määrästä ja hinnasta. Lypsylehmien elopainon taloudellinen arvo jalostustavoitteessa vaihtelee lihan hinnasta ja ruokintakustannuksista riippuen (Koenen ym. 2000). Painon nostaminen 520 kg:sta 780 kg:aan lisäsi energiatarvetta 11 % ja proteiinitarvetta 2 % (Koenen ym. 2000). Elopainon taloudellinen arvo jalostustavoitteessa on siis negatiivinen, koska suuri eläin vaatii enemmän ylläpitoenergiaa, eikä tuo energia ole hyödynnettävissä tuotantoon (Visscher ym. 1994). Elopainon taloudellinen arvo on ollut lehmää kohden vuodessa keskimäärin -1,0 €/kg (Koenen ym. 2000, Hietala ym. 2014).

Eri ominaisuuksien vaikutusta jalostustavoitteessa on arvioitu Hietalan ja Jugan (2017) tutkimuksessa. He käyttivät tutkimuksessaan korkeita korrelaatioita painon ja kasvun välillä; geneettisenä korrelaationa 0,8 ja fenotyypisenä korrelaationa 0,7. Kun paino ei ollut mukana taloudellisessa valintaindeksissä, oli painon muutos epäsuotuisa. Kun paino oli mukana, oli sen muutos pienempi, mutta myös kasvu kehittyi vähemmän, koska ominaisuuksien välillä oli korkea korrelaatio. Kun korrelaatio asetettiin 20 % pienemmäksi, jalostusohjelman tuotto nousi vain vähän, mutta Hietala ja Juga havaitsivat painolle pienen taloudellisen hyödyn. Heidän mukaansa ominaisuuksien välisen korrelaation ollessa pienempi, kasvua ja painoa olisi mahdollista jalostaa samanaikaisesti. Hietalan ja Jugan (2017) mukaan on mahdollista, että tulevaisuudessa ympäristötehokasta tuotantoa suositaan, ja suosiminen lisäisi kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavien ominaisuuksien, kuten kasvun ja painon, taloudellista arvoa.

2.3 Painoon ja kasvuun vaikuttavat ei-geneettiset tekijät

Naudan painoon ja kasvuun vaikuttavat monet ei-geneettiset tekijät, joiden vaikutus täytyy huomioda jalostuksella saavutettavia tuloksia arvioitaessa. Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa eläimen rotu, sukupuoli, karja, poikimakerta, ikä ja vuosi. Holstein-eläimet ovat painaneet friisiläisiä enemmän ensimmäisen poikimisen aikana ja täysikasvuisena (Koenen ja Groen 1996) ja friisiläislehmät ovat olleet ayrshirelehmiiä painavampia (Hietanen ja Ojala 1995). Rotu selittää myös nautojen kasvueroja, sillä aikuispainoltaan suuret rodut kasvavat nopeammin, mutta rasvoittuvat pienikokoisia rotuja hitaammin. Sukupuoli selittää eläinten kasvu- ja painoeroja, sillä sonnit kasvavat hiehoja nopeammin ja painavat täysikasvuisena enemmän kuin lehmät. Sukupuoli vaikuttaa eläimen kudosten kasvun lisäksi ruhon koostumukseen (Huuskonen 2010). Koska sonnit rasvoittuvat hiehoja myöhemmin, ne voidaan kasvattaa vanhemmiksi ja sonnien teurasoptimialue on laajempi kuin hiehojen.

Rehujen laatu ja karjojen väliset erot selittävät eläinten kasvua ja painon vaihtelua, sillä erilaiset ruokinta- ja hoitoratkaisut vaikuttavat eläimen energian saantiin ja käyttöön ja siten eläinten kasvuun ja painoon. Rehun laatu vaihtelee vuoden, vuodenajan, sään, ympäristön ja säilöntämenetelmien mukaan. Kesällä eläimillä on laidunnusmahdollisuus ja talvella eläimet syövät säilöttyä rehua. Tutkimuksessa (Hietanen ja Ojala 1995) lehmät olivat painavimpia marras – helmikuussa ja kevyimpiä touko – elokuussa. Eläimet, joiden energiansaanti oli suurin karkearehuista, olivat muita lehmii keskimäärin 10 kg kevyempiä kaikilla lypsykausilla (Hietanen 1992). Karjojen väliset erot selittävät painon vaihtelusta 24 – 32 % ayrshirelehmillä ja 31 – 38 % friisiläislehmillä (Hietanen ja Ojala 1995).

Ikä selittää eläinten välisiä kasvueroja, sillä naudnan kasvukäyrä on sigmoidinen, eli eläimen kasvu kiihtyy ennen puberteetti-ikää, jonka jälkeen kasvu hidastuu eläimen saavutettua sukukypsyyden. Poikimaikä selittää eläinten painon vaihtelua, sillä myöhemmin poikivat eläimet ehtivät kasvaa kauemmin ja ovat poikiessa painavampia (Hietanen 1992). Hietasen (1992) tutkimuksessa paino kasvoikin poikimaiän kohotessa, sillä

15 – 23 kuukauden ikäisinä ensimmäistä kertaa poikineet ayrshiret olivat noin 30 kg yli 30 kuukauden ikäisenä poikineita kevyempiä. Myös lypsykausi selittää painon vaihtelua, sillä ayrshirelehmien paino nousi ensimmäisellä lypsykaudella keskimäärin 30 kg ja toisella 22 kg (Hietanen 1992). Painon nousu oli suurinta ensimmäisen ja toisen poikimakerran välillä. Lypsykauden vaihekin voi selittää eläinten painon vaihtelua. Poikimisen jälkeen lehmän paino laskee korkean tuotannon vaiheessa, jolloin energiansaanti on tarvetta vähäisempi. Uusi tiineys vaikuttaa lehmän tuloksiin 6-7 kuukauden kuluttua poikimisesta, sillä kasvava sikiö nostaa eläimen painoa ja tiineen eläimen rehunkulutus kasvaa (Hietanen 1992). Paino on ollut alhaisin, kun se on mitattu 2 – 4 kuukauden kuluttua poikimisesta (Hietanen ja Ojala 1995).

2.4 Painon perinnölliset tunnusluvut

Aiemmissa tutkimuksissa painon periytymisaste on vaihdellut lypsykarjalla kohtalaisesta korkeaan. Vuosina 1985 tai 1986 ensimmäisen kerran poikineiden ayrshirelehmien painon periytymisaste oli 0,24 – 0,34 ja keskivirhe oli pieni, 0,02 (Hietanen 1992). Hietasen ja Ojalan (1995) tutkimuksessa ayrshirelehmien ensimmäisen laktaatiokauden painon periytymisaste oli 0,20, toisen 0,28 ja kolmannen 0,31. Myös sonniaineistosta on saatu 360 päivän painolle kohtalainen periytymisaste; 0,39 (De Roo ja Fimland 1983). Groen ja Vos (1995) tutkivat hollantilaisten vuosina 1982 – 1990 syntyneiden musta- valkoisten lypsyrotujen painoa ja kasvua. Heidän aineistonsa koostui Hollannin friisiläisten, holstein-friisiläisten ja näiden risteytysten 631 hiehon tiedoista. He saivat eläinmallia käyttäen painolle korkeita periytymisasteita, 0,41 – 0,64 (SE 0,07 – 0,09), mutta vuosina 1990 – 2002 syntyneille holstein-friisiläisille on saatu ensimmäisen poikimisen aikaisen painon periytymisasteeksi vielä korkeampi arvo; 0,75 (SE 0,11) (Coffee ym. 2006).

2.5 Kasvun perinnöllinen vaihtelu

Kasvun periytymisasteita oli lypsykarjalle saatavilla vähemmän aiemmista tutkimuksista, mutta Groen ja Vos (1995) saivat kasvun periytymisasteeksi hiehoille syntymästä 350 päivän ikään 0,48 ja siemennyksestä (350 d) kaksi päivää poikimisen jälkeen 0,19 (SE 0,07 – 0,09). Sonniaineistosta on saatu kasvulle melko korkea periytymisaste; 0,40 (De Roo ja Fimland 1983). Lihakarjalla kasvun periytymisaste vaihtelee kohtalaisesta korkeaan. Phocas ja Sapa (2004) selvittivät tutkimuksessaan lihakarjan (charolais, limousin, blonde d'aquitaine) geneettisiä ominaisuuksia. He saivat lihakarjalle kasvun periytymisasteeksi 0,26 – 0,46 (SE 0,05 – 0,08).

2.6 Painon ja kasvun yhteys

Painon ja kasvun välistä tutkimusta on tehty lypsykarjalla vähän. Osa tutkimuksista on tehty sonneilla ja osa lehmillä ja tutkimukset eroavat toisistaan melko paljon. Fenotyyppiset korrelaatiot ovat vaihdelleet aikaisemmissa tutkimuksissa kohtalaisesta korkeaan ja geneettiset korrelaatiot ovat olleet korkeita.

2.6.1 Fenotyyppinen yhteys

Eri-ikäisten holstein-friisiläishiehojen ja -lehmien painojen välisiä fenotyyppisiä korrelaatioita laskettiin Coffeyn ym. (2006) tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan 399 päivän painon fenotyyppinen korrelaatio 730 päivän (ensimmäisen poikimisen) painoon oli 0,78, 1100 päivän (toisen poikimisen) painoon 0,5 ja 1500 päivän (kolmannen poikimisen) painoon 0,42. Toisen ja kolmannen poikimisen painojen välinen fenotyyppinen korrelaatio oli 0,67. Vastaavia tuloksia painojen välisille fenotyyppisille korrelaatioille oli Koenenin ja Groenin (1996) tutkimuksessa, sillä he saivat ensimmäisen poikimisen painon ja täysikasvuisen lehmän painon väliseksi fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,65. Myös Hietasen (1992) tutkimuksessa painojen väliset fenotyyppiset korrelaatiot olivat samansuuntaisia (0,55 – 0,71).

2.6.2 Geneettinen yhteys

Eri-ikäisten nautojen painojen väliset geneettiset korrelaatiot ovat olleet fenotyyppisiä korrelaatioita korkeampia. Ensimmäisen poikimakerran painon ja täysikasvuisen eläimen arvioidun painon väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi on saatu 0,83 ja toisen ja kolmannen poikimakerran painojen väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi 0,82 (Koenen ja Groen 1996).

Painon ja kasvun perinnöllistä yhteyttä on analysoitu epäsuorasti sonneille tytärten havainnoista lasketun elopainoindeksin ja sonnien kasvuindeksin avulla (Hietanen 1992). Tutkimuksessa laskettiin elopainoindeksin ja kasvuindeksin välinen korrelaatio. Hietanen (1992) sai korrelaatioksi 0,39 ja siten indeksien välillä oli positiivinen yhteys.

Kasvun ja painon välinen geneettinen korrelaatio on ollut aiemmissa tutkimuksissa korkea. Groen ja Vos (1995) selvittivät tutkimuksessaan painon ja kasvun välisiä geneettisiä korrelaatioita. He saivat syntymästä 350 päivään kasvun ja painon (2 päivää poikimisen jälkeen) geneettiseksi korrelaatioksi 0,96 (fenotyyppinen korrelaatio r_p 0,64). Myöhemmän kasvun (350 päivän iästä 2 päivää poikimisen jälkeen) ja painon (2 päivää poikimisen jälkeen) geneettiseksi korrelaatioksi he saivat 1,00 (r_p 0,68), mutta korrelaatioiden keskivirheitä ei ilmoitettu. Kasvun ja painon välillä oli korkea geneettinen korrelaatio myös De Roon ja Fimlandin (1983) tutkimuksessa, sillä he saivat sonnien kasvun ja 360 päivän ikäisten sonnien painon geneettiseksi korrelaatioksi 0,96 (SE 0,02, r_p $0,89 \pm 0,01$).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Uudistukseen käytettävien hiehojen kasvattaminen pienillä kustannuksilla on taloudellisesti tärkeää tilallisille, mutta lisäksi ympäristönäkökulma on tärkeä tekijä nykytuotannossa, sillä maatalouden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen on toivottavaa. Jalostusvalinnalla on mahdollista vaikuttaa sekä tuotantokustannuksiin että

tuotannon ympäristökuormitukseen. Nopealla kasvulla voidaan lyhentää teuraseläimen kasvatusaikaa ja pienentää tuotannon kustannuksia ja päästöjä, jos eläimen aikuispainoa voidaan samalla kontrolloida. Suomessa lypsykarjaroduista on tiedonkeruun vuoksi paljon hyvää aineistoa. Ominaisuuksista ei kuitenkaan ollut tähän tutkimukseen havaintoja samasta eläimestä, mutta luotettavan ja kattavan sukulaismatriisin vuoksi oli mahdollista laskea geneettinen korrelaatio.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin ayrshire-rotuisten sonnien ja uudistukseen jäävien hiehojen kasvun yhteyttä lehmien aikuispainoon. Tavoitteina oli

- 1) arvioida kasvulle ja aikuispainolle periytymisasteet,
- 2) laskea kasvun ja aikuispainon välinen geneettinen korrelaatio.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Aineiston kuvaus ja esikäsittely

Tutkimuksen aineisto saatiin Faba Osk:lta ja se oli rajattu vuosina 2005 – 2016 syntyneisiin ayrshire-rotuisiin nautoihin. Aineisto koostui viidestä tiedostosta. Käytössä olivat perustiedot vajaalta 1,9 miljoonalta eläimeltä (eläimen tunnistenumero, eläimen isän tunnistenumero, eläimen emän tunnistenumero, eläimen sukupuoli, rotu, syntymäpäivä, poistopäivä ja syntymäkarja), 349 531 punnitustietoa (eläimen tunnistenumero, painon mittauspäivä, paino ja sen mittausmenetelmä (0 ei tiedossa, 1 punnittu, 2 mitattu)), teurastiedot 894 328 eläimeltä (eläimen tunnistenumero, teuraspäivämäärä, ruhonpaino, tilityspaino, rasvaluokka, ruhonlaatu, teurastamo, teuraaksi lähtöpäivämäärä ja teuraaksi lähtökarja), 1 369 723 poikimatietoa (eläimen tunnistenumero, poikimakerta ja poiki-

mapäivämäärä) ja sukupuutiedosto (eläimen tunnistenumero, eläimen isän tunnistenumero ja eläimen emän tunnistenumero).

Aineistoista rajattiin pois yli ja alle neljän keskihajonnan etäisyydellä keskiarvosta olevat havainnot ($\pm 4sd$) syntymäpaino-, ruhonpaino- ja lehmien painohavaintojen osalta luonnottoman suurten tai pienten arvojen vuoksi. Lisäksi aineistoista poistettiin puuttuvia havaintoja ja virheellisiä tietoja sisältäneet rivit sekä samojen havaintojen toistoja vastaavat rivit (tässä toistoiksi ei huomioitu saman eläimen eri poikimakertojen havaintoja).

4.2 Tutkittavat ominaisuudet ja aineiston raja

Tutkimuksessa tutkittiin lehmien painoa omana aineistona ja sonnien ja hiehojen kasvua omana aineistona. Lisäksi lehmien painoa ja sonnien ja hiehojen kasvua tutkittiin yhdistetyllä aineistolla. Painohavainnot olivat saatavilla suoraan aineistosta, mutta kasvu määritettiin laskennallisesti.

4.2.1 Aikuispaino

Painon mittausikä laskettiin painon mittauspäivämäärän ja syntymäpäivämäärän erotuksena ja sen avulla havainnot rajattiin yli 600 ja alle 2190 päivän ikäisinä punnittuihin lehtiin. Poikimatietojen avulla lehmille haettiin poikimatiedot. Ne lehmät, joille ei ollut poikimatietoja, tai poikimakerta oli nolla, rajattiin pois. Mikäli eläimelle oli usea painon mittaushavainto samalta poikimakerralta, valittiin lähimpänä edeltävää poikimista ollut havainto. Osalla eläimistä oli painohavainto usealta poikimakerralta ja ne jätettiin aineistoon. Karjat, joilla oli alle 5 havaintoa vuodessa, poistettiin. Havaintoja jäi aineistoon 158 171 kappaletta 100 954 eläimeltä.

4.2.2 Kasvu

Päiväkasvu laskettiin eläinten teuras- ja perustiedoista. Koska tutkimuksessa haluttiin selvittää nuorten eläinten kasvun yhteyttä lehmien painoon, aineistoa rajattiin eläinten iän perusteella. Teurasaineiston eläimille laskettiin punnitusikä teuraspäivämäärän ja syntymäpäivämäärän erotuksena. Sonnit voidaan kasvattaa hiehoihin verrattuna korkeampaan painoon rasvoittumatta. Atriatuottajien (verkkolähde, viitattu 25.9.2017) mukaan maitorotuisten sonnien teurastus tapahtuu keskimäärin 19 kuukauden iässä ja hiehojen 16 kuukauden iässä. Tämän perusteella mukaan otettiin 16 – 24 kuukauden ikäiset sonnit ja 14 – 22 kuukauden ikäiset hiehot. Ikärajausten jälkeen havaintoja oli 485 222 kappaletta.

Päiväkasvun laskemiseksi teurasaineiston ruhonpaino oli muutettava elopainoksi, koska tutkimukseen saaduissa tiedostoissa ei ollut eläinten teuraspainoa. Teurasprosenttiin vaikuttaa muun muassa eläimen koko, ikä, sukupuoli ja rotu. Naudoilla teurasprosentti on 45 – 60 (Huuskonen ja Lamminen 2010). Yleisesti prosentti nousee eläimen painon noustessa, sillä teurasprosentti on ruhon painon osuus elopainosta, kun ruhosta on poistettu ruuansulatuskanava sisältöineen, sisäelimet, veri, nahka, pää ja jalat (Pesonen ja Huuskonen 2014). Ayrshire-rotuisten hiehojen teurasprosentti on 47 – 48 ja sonnien 50 – 51 prosenttia elopainosta (Rajala 1993). Sampolahti (2014) käytti tutkimuksessaan teurasprosenttina Rajalan (1993) lukuja korkeampia arvoja (hiehoille 50 % ja lehmille 48 %). Näin ollen tässä tutkimuksessa käytettiin Rajalan (1993) arvojen ylärajoja, eli hiehoille ja lehmille 48 % ja sonneille 51 %. Elopainot laskettiin ruhonpainoista kaavalla 1 (Mc Kiernan ym. 2007).

$$\text{Laskennallinen elopaino} = \text{ruhonpaino} * 100 / \text{teurasprosentti} \quad (1)$$

Kasvu laskettiin kaavalla 2.

$$\text{Päiväkasvu} = (\text{laskennallinen elopaino} - \text{syntymäpaino}) / \text{punnitusikä} \quad (2)$$

Syntymäpainoksi rajattiin syntymäpäivänä ja syntymästä seuraavana päivänä mitatut havainnot, jotta esimerkiksi myöhään illalla syntyneiden, mutta vasta aamulla punnittujen eläinten havainnot tulivat mukaan. Kasvutiedot muunnettiin kilogrammoista grammoiksi. Syntymäpainohavaintojen määrä rajoitti kasvutietojen määrää ja lopulliseen kasvuaineistoon jäi 42 784 havaintoa.

4.2.3 Painon ja kasvun korrelaatio

Paino- ja kasvuhavainnot yhdistettiin samaan aineistoon. Painohavainnoista mukaan otettiin kultakin lehmältä vain yksi tieto, joka oli myöhäisimmältä poikimakerralta, jotta se kuvaisi mahdollisimman hyvin aikuispainoa. Painohavaintoja jäi yhdistettyyn aineistoon 100 954 ja kasvuhavaintoja 42 784.

4.3 Kiinteät tekijät ja niiden alaluokat

Mallien kiinteät tekijät valittiin kirjallisuuden ja kiinteiden tekijöiden merkitsevyyden perusteella. Kiinteiden tekijöiden alaluokkien keskiarvot on esitetty Least Squares keskiarvoina (LS-means). LS-keskiarvo huomioi mallin muut vaikutukset ja antaa nopean käsityksen eri tekijöiden alaluokkien keskitasoista. Mallit on selitetty myöhemmin kappaleessa 4.4 ja eri tekijöiden BLUE-lukemat tulosten yhteydessä.

4.3.1 Aikuispaino

Eläimen paino vaihtelee tuotannon, tiineyden ja poikimakerran mukaan. Sen vuoksi painon vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät on huomioitava painoa tutkittaessa. Poikimisen jälkeen paino laskee ensin voimakkaasti, koska eläimen syönti ei riitä korvaamaan energian kulutusta tuotoksen noustessa nopeasti. Tuotoshuipun saavuttamisen jälkeen painon lasku hidastuu ja paino tasaantuu. Uuden tiineyden vuoksi paino alkaa jälleen nousta. Tässä tutkimuksessa poikimisesta kulunut aika huomioitiin kiinteänä

tekijänä. Poikimisesta kulunut aika laskettiin päivinä poikimisesta painon mittausajan-kohtaan. Päivää poikimisesta jaettiin kuuteen luokkaan (taulukko 1). Poikimakerta selittää eläinten painoeroja, sillä eläin kasvaa vielä ensimmäisten poikimisten aikana, jolloin energiaa kuluu sekä tiineyteen, tuotokseen että eläimen omaan kasvuun. Myöhemmin eläimen saavuttaessa aikuispainon kasvu tasaantuu. Poikimakerrat jaettiin kolmeen luokkaan: poikimakerrat 1, 2 ja viimeisessä luokassa 3. ja myöhempi poikimakerta (taulukko 2).

Taulukko 1. Lehmien painon jakautuminen päivää poikimisesta -luokkiin ja LS-keskiarvot.

Päivää poikimisesta	Määrä*	Keskiarvo* kg (SE)	Määrä ** kasvu- ja painotietojen yhdistetyssä aineistossa	Keskiarvo** kg (SE)
0 – 60	69 777	584,17 (0,257)	41 334	591,14 (0,342)
61 – 120	40 844	576,09 (0,334)	25 826	582,81 (0,430)
121 – 180	20 382	581,27 (0,473)	13 707	588,50 (0,591)
181 – 240	11 108	588,90 (0,641)	7 854	596,18 (0,781)
241 – 300	7 513	604,48 (0,780)	5 468	611,99 (0,097)
301 –	8 547	628,20 (0,733)	6 765	635,58 (0,846)

* Havaintojen lukumäärä/keskiarvo painoaineistossa, jossa eläimellä voi olla useampi havainto.

** Painohavaintojen lukumäärä/keskiarvo yhdistetyssä aineistossa, jossa eläimellä on vain yksi havainto.

Taulukko 2. Lehmien painohavaintojen jakautuminen poikimakertaluokkiin ja LS-keskiarvot.

Poikimakerta	Määrä*	Keskiarvo* kg (SE)	Määrä** kasvu- ja painotietojen yhdis- tetyssä aineistossa	Keskiarvo** kg (SE)
1	78 986	562,62 (0,244)	43 511	566,29 (0,336)
2	46 828	596,90 (0,312)	30 114	601,86 (0,401)
3	32 357	624,31 (0,384)	27 329	626,30 (0,425)

* Havaintojen lukumäärä/keskiarvo painoaineistossa, jossa eläimellä voi olla useampi havainto.

** Painohavaintojen lukumäärä/keskiarvo yhdistetyssä aineistossa, jossa eläimellä on vain yksi havainto.

Mittaustapa voi selittää eläinten välisiä painoeroja. Nautojen painohavaintoja kerätään punnitsemalla tai mittaamalla eläimen rinnan ympärys elopainomittanauhalla. Lopullisessa painoaineistossa oli 3 358 punnitushavaintoa ja 154 813 elopainomittanauhahavaintoa. Yhdistetyssä aineistossa punnittuja havaintoja oli 2 002 ja mittanauhahavaintoja 98 952.

Painoeroja mahdollisesti selittävät karja ja ympäristö huomioitiin ottamalla syntymäkarja mukaan kiinteäksi tekijäksi. Painoaineistossa syntymäkarjaa kohden oli havaintoja 5 – 64 ja karjoja jäi aineistoon 4 263. Yhdistetyssä aineistossa oli mukana samat 4 263 syntymäkarjaa, mutta havaintojen määrä karjaa kohden oli toistuvien havaintojen poiston myötä pienempi (1 – 349 painohavaintoa karjaa kohden). Vuodenajat huomioitiin käyttämällä painon mittauskautta kiinteänä tekijänä. Kausiluokat muodostettiin lehmien painon mittausskuukauden mukaan (taulukko 3). Luokkia muodostettiin neljä: 1 maaliskuuta – toukokuu, 2 kesä – elokuu, 3 syys – marraskuuhun ja 4 joulukuuhun mitatut havainnot. Lisäksi vuosien väliset erot huomioitiin käyttämällä painon mittaussvuosiluokkia (taulukko 4). Vuosiluokat muodostettiin poimimalla vuosi painon mittauspäivämäärästä.

Taulukko 3. Lehmien painohavaintojen jakautuminen vuodenaikaluokkiin ja LS-keskiarvot.

Vuoden-aika (kk)	Määrä*	Keskiarvo* kg (SE)	Määrä** kasvu- ja painotietojen yhdis- tetyssä aineistossa	Keskiarvo** (SE)	kg
Kevät (3,4,5)	43 373	587,84 (0,326)	28 498	596,10 (0,413)	
Kesä (6,7,8)	20 325	578,96 (0,476)	12 787	587,29 (0,616)	
Syksy (9,10,11)	52 460	581,50 (0,297)	33 123	588,72 (0,383)	
Talvi (12,1,2)	42 013	590,81 (0,331)	26 546	598,33 (0,427)	

* Havaintojen lukumäärä/keskiarvo painoaineistossa, jossa eläimellä voi olla useampi havainto.

** Painohavaintojen lukumäärä/keskiarvo yhdistetyssä aineistossa, jossa eläimellä on vain yksi havainto.

Taulukko 4. Lehmien painohavaintojen jakautuminen mittausvuoden mukaan ja LS-keskiarvot.

Mittaus- vuosi	Määrä*	Keskiarvo* kg (SE)	Määrä** kasvu- ja painotietojen yhdis- tetyssä aineistossa	Keskiarvo** kg (SE)
2006	29	551,27 (12,621)	12	588,87 (20,113)
2007	6 562	568,48 (0,858)	2 853	573,37 (1,330)
2008	14 039	572,73 (0,584)	6 837	581,09 (0,858)
2009	19 248	576,92 (0,491)	10 742	584,25 (0,674)
2010	19 381	582,80 (0,489)	11 675	589,92 (0,646)
2011	20 383	584,69 (0,477)	12 551	590,60 (0,624)
2012	21 420	589,17 (0,466)	13 729	595,52 (0,597)
2013	20 265	590,91 (0,478)	13 536	598,28 (0,600)
2014	18 556	592,75 (0,500)	13 130	599,05 (0,609)
2015	11 991	595,10 (0,622)	9 807	600,89 (0,705)
2016	6 297	596,68 (0,859)	6 082	601,16 (0,897)

* Havaintojen lukumäärä/keskiarvo painoaineistossa, jossa eläimellä voi olla useampi havainto.

** Painohavaintojen lukumäärä/keskiarvo yhdistetyssä aineistossa, jossa eläimellä on vain yksi havainto.

4.3.2 Kasvu

Teuraaksilähtökarja voi selittää eläinten kasvueroja, mikä huomioitiin käyttämällä teuraaksilähtökarjaa kiinteänä tekijänä. Havaintoja oli 1 – 414 teuraaksilähtökarjaa kohden ja karjoja oli mukana 1441. Sukupuolen selittämät erot eläinten kasvuhavainnoissa huomioitiin käyttämällä sukupuolta mallissa kiinteänä tekijänä. Aineistossa oli kasvuhavainto 2 828 hieholta ja 39 956 sonnilta. Koska eläinten kasvuhavainnot laskettiin ruhonpainoista, käytettiin teurastusvuotta huomioimaan teurasvuoden vaikutus kasvuhavaintoihin. Teurastusvuosi poimittiin teurastuspäivämäärästä ja kasvuhavainnot jaettiin teurastusvuosiluokkiin (taulukko 5).

Taulukko 5. Kasvuhavaintojen jakautuminen teurastusvuoden mukaan ja LS-keskiarvot.

Teurastusvuosi	Määrä*	Keskiarvo g (SE)
2007	200	1040,42 (12,293)
2008	1 175	1006,13 (7,302)
2009	4 426	1011,39 (5,360)
2010	5 211	1035,46 (3,927)
2011	5 468	1021,75 (2,737)
2012	5 721	1005,39 (1,914)
2013	5 677	1007,42 (2,100)
2014	5 450	1018,19 (3,141)
2015	5 429	1040,10 (4,417)
2016	4 027	1041,39 (5,657)

*Hiehojen ja sonnien kasvuhavaintojen yhteismäärä

Ikä voi selittää kasvueroja, sillä eläimet kasvavat eri-ikäisinä eri tahtiin, minkä huomioimiseksi ikä otettiin kiinteäksi tekijäksi. Ikä saatiin laskemalla teurastuspäivämäärän ja syntymäpäivämäärän erotus. Iät luokiteltiin, jotta luokkiin saatiin useampia havaintoja ja samalla luokkien määrää rajoitettiin. Havainnot luokiteltiin 14 luokkaan (taulukko 6).

Taulukko 6. Kasvuhavaintojen jakautuminen ikäluokkiin ja LS-keskiarvot.

Ikäluokka	Ikä päivinä	Määrä	Keskiarvo g (SE)
1	420 – 450	306	1125,58 (8,487)
2	451 – 470	228	1093,95 (9,678)
3	471 – 490	586	1060,75 (5,890)
4	491 – 510	1 226	1055,23 (4,017)
5	511 – 530	2 020	1062,66 (3,118)
6	531 – 550	4 082	1067,72 (2,187)
7	551 – 570	6 654	1065,23 (1,713)
8	571 – 590	7 242	1047,36 (1,640)
9	591 – 610	6 118	1023,08 (1,782)
10	611 – 630	4 571	995,45 (2,062)
11	631 – 650	3 412	973,05 (2,391)
12	651 – 670	2 603	955,54 (2,741)
13	671 – 690	1 829	923,33 (3,280)
14	691 – 720	1 907	900,40 (3,222)

Syntymävuoden oletetaan selittävän eläinten välisiä kasvueroja ja sen vuoksi syntymävuosiluokat muodostettiin syntymäpäivämäärästä kiinteäksi tekijäksi kasvulle. Kasvuaineistolle tehtiin myös syntymäkausiluokat, jolloin havainnot jaettiin neljään luokkaan syntymäkuukauden perusteella, luokka 1 maaliskuu-, huhti- ja toukokuussa syntyneet, luokka 2 kesä-, heinä- ja elokuussa syntyneet, luokka 3 syys-, loka ja marraskuussa

syntyneet ja luokkaan 4 jouluku-, tammi- ja helmikuussa syntyneet eläimet. Syntymävuosi ja -kausi eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, joten tekijöitä ei otettu mukaan malliin.

4.4 Tilastolliset menetelmät ja käytetyt mallit

Aineisto esikäsiteltiin ja rajattiin R-ohjelmalla (R core team 2016). Kiinteät tekijät arvioitiin ja testattiin sekä LS-keskiarvot laskettiin R-ohjelmalla. Sukupuutiedot käsiteltiin kaikille malleille RelaX2 v.1.54 -ohjelmalla (Strandén 2011). Perinnöllisten tunnuslukujen (periytymisasteen, toistuvuuden ja geneettisen korrelaation) arvioinnin edellyttämät varianssikomponentit laskettiin DMU-ohjelmalla Average Information Restricted Maximum Likelihood (AI-REML) menetelmällä (Madsen ja Jensen 2013). Samalla saatiin kiinteiden tekijöiden parhaat lineaariset harhattomat estimaatit (BLUE) ja eläinten kasvun ja aikuispainon jalostusarvoennusteet. Koska samalta eläimeltä ei ollut kasvu- ja aikuispainotietoa, fenotyypistä korrelaatioita ei voitu arvioida.

4.4.1 Aikuispaino

Painoaineistolle käytettiin toistuvuuseläinmallia (malli 1), koska lehmille oli käytettävissä useita havaintoja. Mallissa oli mukana eläimen geneettinen additiivinen vaikutus ja eläimeen liittyvä ei-geneettinen pysyvä ympäristövaikutus. Pysyvän ympäristövaikutuksen oletettiin olevan sama saman eläimen kaikille havainnoille.

Malli 1: painoa kuvaava toistuvuuseläinmalli

Paino $y_{ijklmnop} =$

yleiskeskisarvo $\mu +$

poikimakerta -luokka $_i$, ($i = 1-3$) $+$

päivää poikimisesta -luokka $_j$, ($j = 1-6$) $+$

mittaustapa $_k$, ($k = 1$ tai 2) $+$

syntymäkarja $_l +$

painon mittauskausi -luokka $_m$, ($m = 1-4$) $+$

painon mittausvuosi -luokka $_n$, ($n = 2006-2016$) $+$

eläimen o pysyvän ympäristön vaikutus $p_{e_o} \sim N(0, I\sigma_{pe}^2) +$

eläimen o additiivinen geneettinen vaikutus $a_o \sim N(0, A\sigma_a^2) +$

jäännöstekijä $e_{ijklmnop} \sim N(0, I\sigma_e^2)$

Mallissa 1 kiinteät tekijät olivat poikimakerta, päivää poikimisesta, mittaustapa, syntymäkarja, painon mittauskausi ja mittausvuosi. Satunnaiset tekijät olivat eläimen additiivinen geneettinen vaikutus, toistuvuustekijä ja jäännöstekijä. Satunnaistekijät oletettiin normaalisti jakautuneiksi. Satunnaistekijöiden keskiarvot oletettiin nolliksi ja varianssit toistuvuustekijälle $I\sigma_{pe}^2$, eläintekijälle $A\sigma_a^2$ ja jäännöstekijälle $I\sigma_e^2$. I on identiteettimatriisi ja A additiivinen geneettinen sukulaisuusmatriisi. Eri satunnaistekijöiden väliset kovarianssit oletettiin nolliksi.

4.4.2 Päiväkasvu

Kasvuaineistolle käytettiin eläinmallia 2.

Malli 2: Kasvua kuvaava eläinmalli

Kasvu $y_{ijklmn} =$

yleiskeskisarvo μ +

teuraaksilähtökarja_i +

sukupuoli_j, (j= 1 tai 2) +

teurastusvuosi_k, (k= 2007-2016) +

ikäluokka_l, (j= 1-14) +

eläimen m additiivinen geneettinen vaikutus $a_m \sim N(0, A\sigma_a^2)$ +

jäännöstekijä $e_{ijklmn} \sim N(0, I\sigma_e^2)$

Mallissa 2 kiinteinä tekijöinä olivat teuraaksilähtökarja, sukupuoli, teurastusvuosi ja ikäluokka. Satunnaisina tekijöinä olivat eläimen additiivinen geneettinen vaikutus ja jäännöstekijä.

4.4.3 Aikuispainon ja kasvun analyysi yhdessä

Yhdistetty aineisto analysoitiin kahden ominaisuuden mallilla ja kummallekin ominaisuudelle käytettiin omaa mallia. Yhdistetyssä aineistossa oli lehmää kohden vain yksi havainto, joten painolle käytettiin eläinmallia, joka oli muutoin sama kuin malli 1, mutta siitä puuttui pysyvä ympäristövaikutus. Kasvulle käytettiin eläinmallia 2. Yhdistetyssä aineistossa yhdelläkään eläimellä ei ollut havaintoa molemmista ominaisuuksista, joten ominaisuuksien jäännöstekijöiden välinen kovarianssi oletettiin nolllaksi.

Kullekin aineistolle haettiin sukupuutiedot Relax-ohjelmalla. Varianssikomponentti-analyysiä varten kaikki eläimet otettiin sukupuusta mukaan. Sukupolvet rajattiin kuitenkin neljään. Painotiedostoa vastaavassa sukupuussa oli 248 360 eläintä, kasvuaineistoa vastaavassa sukupuussa 127 809 ja yhdistettyä aineistoa vastaavassa sukupuussa oli 334 684 eläintä.

Periytymisaste (h^2) laskettiin painolle kaavalla 4. Kasvun periytymisaste laskettiin muuten samalla kaavalla, mutta ilman pysyvän ympäristötekijän varianssia (σ_{pe}^2).

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2} \quad (4)$$

Toistuvien havaintojen välinen korrelaatio (r), toistuvuus, laskettiin kaavalla 5.

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2} \quad (5)$$

5 TULOKSET

5.1 Tutkittavien muuttujien keskiarvot ja vaihtelu

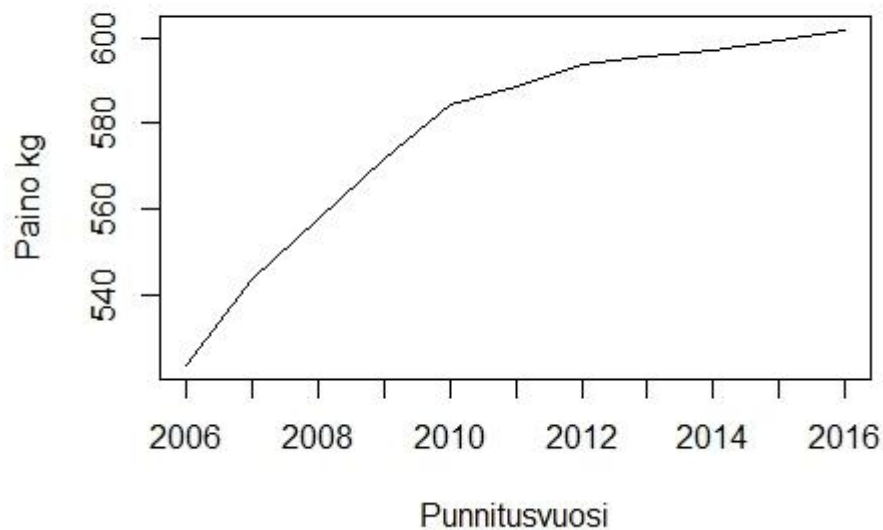
Taulukossa 7 on kuvattu ominaisuuksien fenotyyppisiä tunnuslukuja. Lehmien aikuis-painon keskiarvo painoaineistossa oli 585,4 kiloa (hajonta 73,9) ja yhdistetyssä aineistossa 593,1 kiloa (hajonta 75,2). Lehmien painon keskiarvo nousi ajan funktiona, sillä vuonna 2016 punnitut lehmät olivat keskimäärin 78 kiloa vuonna 2006 punnittuja lemmiä painavampia (kuva 1). Hiehojen päiväkasvun keskiarvo oli 778,1 grammaa (hajonta

132,4), sonnien päiväkasvun keskiarvo oli 1038 grammaa (hajonta 148,7) ja kaikkien havaintojen päiväkasvun keskiarvo oli 1021,6 grammaa.

Taulukko 7. Ominaisuuksien fenotyypiset tunnusluvut.

Ominaisuus	Määrä	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Hajonta
Kasvu hieho (g/d)	2828	778,1	352,1	1 308,1	132,4
Kasvu sonni (g/d)	39 956	1 038,9	336,3	1 649,5	148,7
Kasvu kaikki (g/d)	42 784	1 021,6	336,3	1 649,5	161,2
Paino (kg)	158 171	585,4	282,0	890,0	73,9
Paino 1x (kg)	100 954	593,1	282,0	890,0	75,2

Kasvuhavainnot on kuvattu sukupuolen mukaan(sonni/hieho) sekä kokonaistuloksena (kaikki). Painohavainnot on kuvattu havaintojen määrän, mukaan kun eläimellä 1 tai useampi havainto (paino) ja kun eläimellä vain yksi havainto.



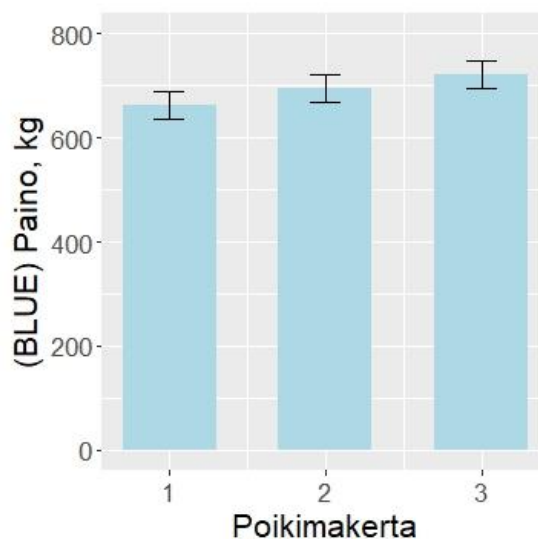
Kuva 1. Ayrshirelehmien aikuispainojen keskiarvon muuttuminen painon mittausvuoden mukaan.

5.2 Kiinteiden tekijöiden vaikutus

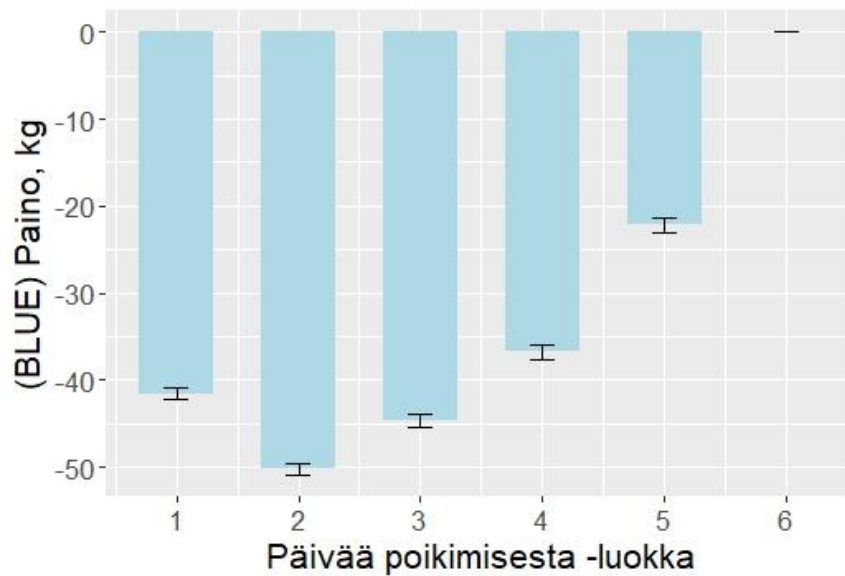
Kun mallit on valittu kiinteiden tekijöiden merkitsevyyden perusteella, on tulokset mahdollista esittää muiden tekijöiden suhteen korjattuina ja sen vuoksi esitystavaksi valittiin tässä tutkimuksessa BLUE-ratkaisut.

5.2.1 Aikuispaino

Kaikki aikuispainolle (malli 1) käytetyt kiinteät tekijät olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$). Lehmät kasvoivat kolmanteen poikimakertaan asti. Kun painoa tarkasteltiin poikimakerroittain muiden tekijöiden suhteen korjattuna, eli parhaiden lineaaristen harhattomien estimaattien avulla (BLUE-ratkaisuina), oli ensimmäisen poikimakerran paino 57,95 kg pienempi kuin kolmannen poikimakerran (kuva 2). Painon mittausajankohdan ja sitä edeltäneen poikimisen välisten päivien lisääntyessä lehmien paino ensin pieneni, ja sen jälkeen suureni. Mittausajankohdan alaluokkien BLUE-ratkaisuja verrattiin luokkaan 6, jonka eläinten painot oli mitattu yli 301 päivää poikimisen jälkeen (kuva 3).

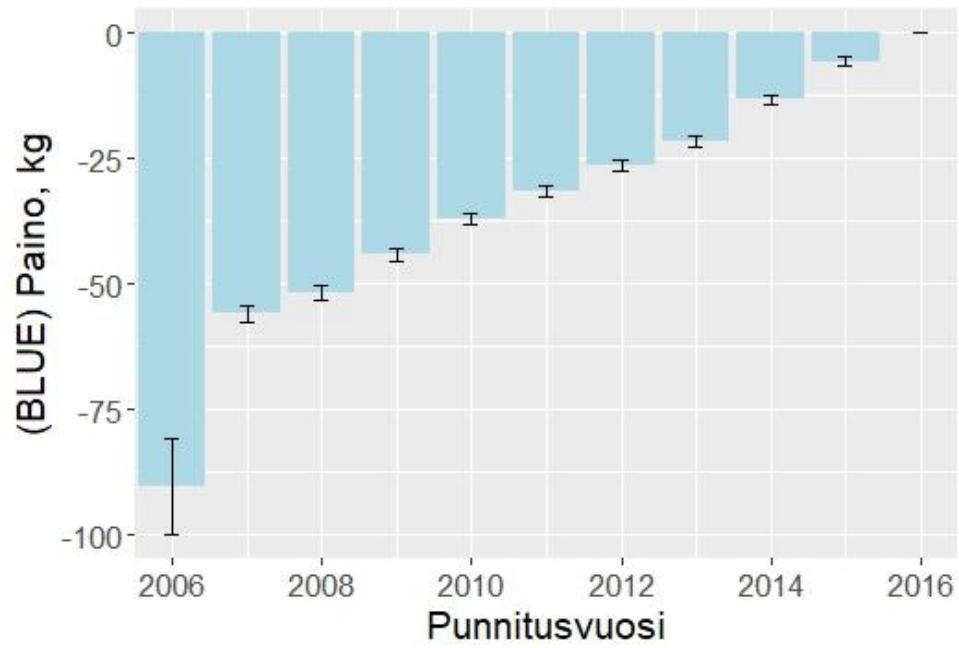


Kuva 2. Poikimakerran vaikutus (sis. keskiarvon) ayrshirelehmillä (BLUE = paras lineaarinen harhaton estimaatti). Virhepalkki kuvaa keskivirhettä (SE).

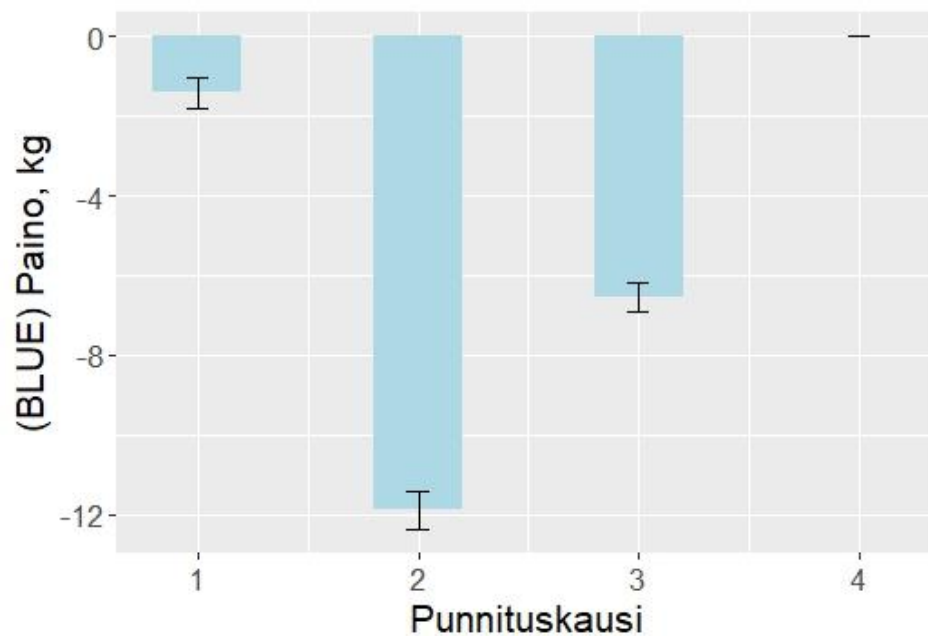


Kuva 3. Päivää poikimisesta -tekijän vaikutus verrattuna luokkaan 6, eli yli 301 päivää poikimisesta -luokkaan (BLUE = paras lineaarinen harhaton estimaatti). Virhepalkki kuvaa keskivirhettä (SE).

Lehmien aikuispainoa tarkasteltiin painon mittausvuosittain muiden tekijöiden suhteen korjattuna ja vuosittaisten painojen keskiarvoille haettiin BLUE-ratkaisut. Ratkaisuja verrattiin vuoteen 2016 ja aiempien vuosien vaikutus oli siihen verrattuna negatiivinen (kuva 4). Lehmien painot olivat keskimäärin 8 – 10 kiloa suurempia keväällä ja talvella kesään ja syksyyn verrattuna. Kun mittauskausia tarkasteltiin BLUE-ratkaisuina talvi-kauteen (luokka 4) verrattuna, oli kesän (luokka 2) vaikutus negatiivisin (kuva 5). Kun painohavainnoista poistettiin eläinten toistuvat havainnot yhdistetyn datan analysointiin, mittauskauden vaikutus ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,07$), mutta se jätettiin kuitenkin malliin 1 kauden huomioimiseksi. BLUE-ratkaisuissa mittaustavan 1 vaikutus oli positiivinen mittaustapaan 2 verrattuna, eli punnittujen eläinten paino oli suurempi kuin rinnan ympärystä arvioitujen eläinten paino.



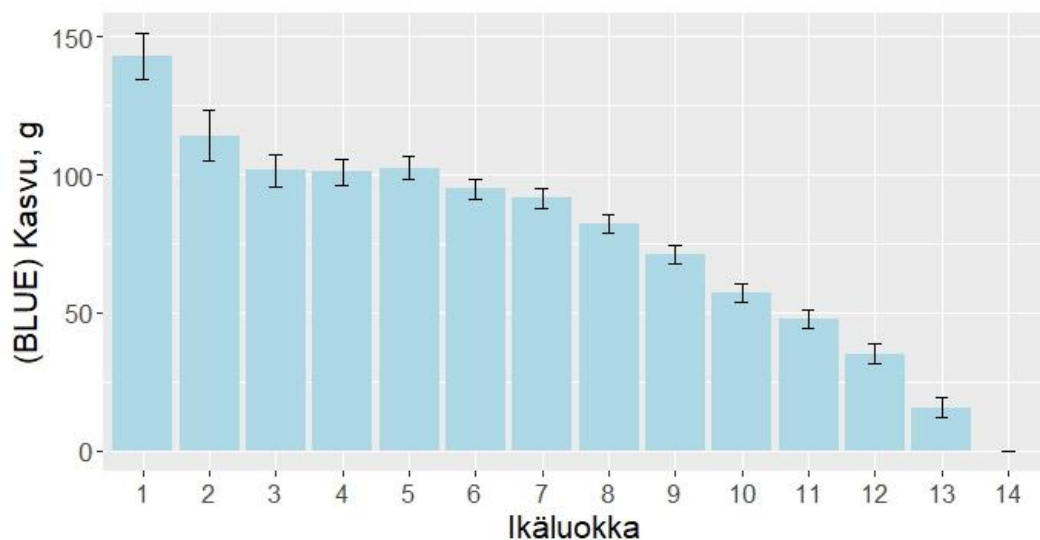
Kuva 4. Vuositekijän vaikutus verrattuna vuoteen 2016 (BLUE = paras lineaarinen harhaton estimaatti). Virhepalkki kuvaa keskivirhettä (SE).



Kuva 5. Kausitekijän vaikutus verrattuna kauteen 4, eli talveen (BLUE = paras lineaarinen harhaton estimaatti). Virhepalkki kuvaa keskivirhettä (SE).

5.2.2 Kasvu

Kasvuun vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi teuraaksilähtökarja, sukupuoli ja ikäluokka ($p < 0,001$). Kun kasvua tarkasteltiin muiden tekijöiden suhteen korjattuina BLUE-ratkaisuina, havaittiin, että sonnit kasvoivat hiehoja nopeammin. Kasvu hidastui eläimen iän noustessa. Ikäluokan vaikutus kasvuun oli sitä positiivisempi, mitä nuorempia eläimet olivat verrattuna ikäluokkaan 14 (kuva 6). Teurastusvuoden vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,077$), mutta teurastusvuosi oli mallissa, jotta malliin saatiin yksi vuositekijä mukaan.



Kuva 6. Ikäluokkatekijän vaikutus verrattuna ikäluokkaan 14 (BLUE = paras lineaarinen harhaton estimaatti). Virhepalkki kuvaa keskivirhettä (SE).

5.3 Periytymisasteet, korrelaatio ja perinnöllinen muutos

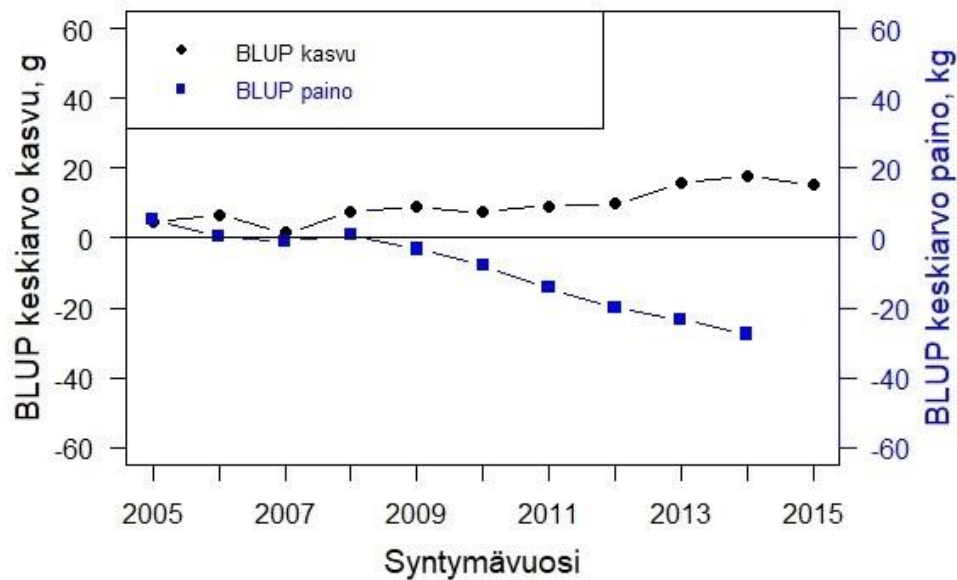
Tutkimuksessa saadut periytymisasteet olivat melko korkeita (taulukko 8). Painoaineistosta saatiin painon periytymisasteeksi 0,43 ja yhdistetystä aineistosta 0,44. Kasvun periytymisasteeksi saatiin kasvuaineistosta 0,36 ja yhdistetystä aineistosta 0,37. Keski-
virheet olivat pieniä (0,01 – 0,02). Painoaineistosta laskettiin myös toistuvuus toistuvien havaintojen avulla ja tulokseksi saatiin 0,63. Painon ja kasvun väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi saatiin 0,57 (keskivirhe 0,03).

Taulukko 8. Ominaisuuksien periytymisasteet (h^2), keskivirheet (SE), toistuvuus (r) ja geneettinen korrelaatio (rG).

Ominaisuus	h^2	SE	Toistuvuus	rG	SE
Kasvu	0,36	0,02			
Paino	0,43	0,01	0,63		
Kasvu yhd*	0,37	0,02			
Kasvu-paino yhd*				0,57	0,03
Paino yhd*	0,44	0,01			

* Yhdistetty aineisto.

Perinnöllistä muutosta tarkasteltiin kummankin ominaisuuden osalta syntymävuoden mukaan. Perinnöllinen muutos laskettiin kummallekin ominaisuudelle eri vuosina syntyneiden eläinten jalostusarvojen keskiarvoista. Aikuispainon perinnöllinen muutos oli negatiivinen vuosina 2005 – 2014 syntyneillä lehmillä (kuva 7). Kasvussa ei tapahtunut suurta muutosta vuosina 2005 – 2015.



Kuva 7. Hiehojen ja -sonnien päiväkasvun ja lehmien aikuispainon perinnöllinen muutos ayrshire-rotuisilla. (BLUP = paras lineaarinen harhaton ennuste).

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Aineisto ja menetelmät

Tämän tutkimuksen aineisto oli erittäin laaja ja se mahdollisti rajaamisen eläinten iän mukaan sekä päiväkasvua että aikuispainoa tarkastellessa. Aineisto olisi mahdollistanut laajemman rajaamisen myös karjakohtaisten havaintojen lukumäärän mukaan. Laaja aineisto hyvällä sukupuulla mahdollisti geneettisen korrelaation laskemisen sukulaisten tietojen perusteella. Toisaalta fenotyyppistä korrelaatiota ei ollut mahdollista laskea, koska kasvua ja aikuispainoa ei ollut samoilta eläimiltä. Jos tutkimusaineistossa olisi ollut enemmän painohavaintoja samoilta eläimiltä, olisi ollut mahdollista laskea periytymisaste painolle eri ikäluokissa ja painojen välisiä korrelaatioita, kuten aiemmissa

tutkimuksissa on tehty. Myös kasvukäyrien muodostaminen olisi ollut mahdollista, jos eläimillä olisi ollut useita mittaustuloksia.

Aineistossa oli mukana myös epätarkkoja tietoja. Koska kasvu laskettiin muunnetusta ruhonpainosta, on mahdollista, että arvot eivät ole täsmällisiä kasvutuloksia. Jos eläinten todelliset teurasprosentit olisivat olleet tiedossa, laskennalliset painotiedot ja niistä lasketut kasvutiedot olisivat tarkempia. Kun punnitusaineiston punnittuja painotietoja verrattiin ruhonpainoista laskettuihin elopainoihin, havaittiin laskennallisten painojen olleen keskimäärin suurempia. Teurasprosentin lisäksi painoeroihin saattaa vaikuttaa se, että teuraaksi lähtevien eläinten ruokinta voi olla tiloilla voimakkaampaa kuin muiden eläinten. Aikuispainoaineiston osalta elopainomittanauhalla mitatut painotiedot eivät ole yhtä tarkkoja kuin vaa'alla punnitut painotiedot, sillä mittanauhalla arvioidaan eläimen paino sen rinnan ympäröitymisen mukaan ja mittaajalla voi olla vaikutus tulokseen.

Aiemmissa tutkimuksissa aineistot ovat olleet suppeampia. Ominaisuuksien periytymisasteiden arvioinnissa Hietasen ja Ojalan (1995) aineisto oli kattava, 66 559 ayrshireltä, mutta De Roon ja Fimlandin (1983) aineisto oli jo huomattavasti pienempi, 2 299 sonnilta, ja muissa tutkimuksissa aineisto oli alle 700 eläimeltä. Kasvun ja painon geneettisen yhteyden osalta De Roon ja Fimlandin (1983) aineisto oli suurin ja muissa tutkimuksissa aineistot olivat alle 1 000 eläimeltä. Pienellä aineistolla on vaikea saada luotettavia tuloksia. Vaikka Groenin ja Vosin (1995) aineisto oli vain 631 hieholta, heillä oli samalta eläimeltä sekä kasvu että painotulos.

Tässä tutkimuksessa malleissa oli mukana kiinteitä tekijöitä, jotka eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ja se voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Kiinteiden tekijöiden osalta etenkin käytettyjen vuosi-tekijöiden vaikutus oli ristiriitainen. Vuositekijöiden vaikutus oli positiivinen, mutta painon geneettinen trendi oli negatiivinen. Saatuun geneettiseen trendiin saattaa vaikuttaa se, ettei kaikkia painon kanssa korreloivia ominaisuuksia huomioitu mallissa. Mallia muokkaamalla olisi voinut tarkastella eri vaihtoehtojen vaikutusta painon geneettiseen trendiin, sillä aineistoa kuvaava malli vaikuttaa perinnöllis-

sen trendin luotettavuuteen, etenkin jos jokin vaihtelun lähde jää mallissa huomioimatta (Bonaiti ym. 1994).

Aiemmissa tutkimuksissa on keskitytty pääasiassa nuoriin eläimiin ja ensimmäiseen poikimakertaan. Sen vuoksi tutkimusta pitäisi tehdä lypsykarjalla enemmän ja sellaisella aineistolla, jossa kasvu ja painohavaintoja on myös myöhemmiltä lypsykausilta. Eläinten punnitseminen tai painon arviointi mittaamalla on edullista. Painohavaintojen mittaamista pitäisikin lisätä, sillä tietoja voidaan käyttää sekä eläinten hoidon optimoinnissa että jalostusvalinnassa.

6.2 Keskiarvot

Tutkimuksessa saatu 600 – 2190 päivän iässä punnittujen lehmien aikuispainon keskiarvo 585,4 – 593,1 kg oli suurempi kuin Hietasen ja Ojalan (1995) tutkimuksen 503 kg:n keskipaino ja Coffeyn ym. (2006) tutkimuksen 496,2kg:n keskiarvo 500 – 729 päivän iässä punnituilla. Painon nousutrendi näkyi hyvin kuvassa 1. Painon fenotyyppinen trendi oli positiivisin painon mittausvuodesta 2006 vuoteen 2010. Painon mittausvuoden 2006 tulos ei kuitenkaan ole luotettava, sillä havaintomäärä oli hyvin pieni. LS-keskiarvojen keskivirheet olivat joillekin kiinteiden tekijöiden alaluokille suuria. Vuoden 2006 LS-keskiarvon keskivirhe oli painoaineistossa 12,62 ja yhdistetyn aineiston painotiedoilla 22,11.

Tässä tutkimuksessa saatu hiehojen kasvuhavaintojen keskiarvo 778 grammaa päivässä oli hyvä kasvutavoitteisiin nähden. Tämän tutkimuksen tulos oli korkeampi kuin Mouritsin ym. (1999) 700 gramman päiväkasvutavoite ja sijoittui Palmion ym. (2014) 700 – 800 gramman päiväkasvutavoitteeseen. Maitorotuisten sonnien lihantuotannon 1200 gramman päiväkasvutavoitteeseen (Leena Mänkäri, Faba Osk, keskustelu 26.9.2017) nähden tässä tutkimuksessa saatu sonnien 1038 gramman päiväkasvu oli hieman hidas. 1038 gramman päiväkasvu oli myös pienempi kuin aiemmissa tutkimuksissa sonnien ruokintakokeissa saadut 1090 – 1252 gramman päiväkasvutulokset

(Huuskonen ym. 2005, Huuskonen ja Joki-Tokola 2014). Huuskosen ym. (2005) tutkimuksessa osa sonneista oli ayrshire-rotuisia ja osa holstein-friisiläisiä, joten rotujen väliset erot voivat selittää tuloksia. Toisaalta ruokintakokeissa erot rehuissa ja kontrolloidut olosuhteet voivat vaikuttaa tuloksiin ja siten selittää päiväkasvutulosten eroja tähän tutkimukseen verrattuna.

6.3 Ominaisuuksien periytyminen ja korrelaatio sekä perinnöllinen muutos

6.3.1 Aikuispaino

Tutkimuksessa saadut periytymisasteet olivat melko korkeita. Aikuispainon periytymisaste on vaihdellut aiemmissa tutkimuksissa kohtalaisesta korkeaan ja tässä tutkimuksessa painon periytymisasteeksi saatu 0,43 – 0,44 oli Hietasen (1992) 92 307 ayrshirelehmän aineistosta saamia 0,24 – 0,34 (SE 0,02) periytymisasteita korkeampi. Tämän tutkimuksen tulos oli kuitenkin samansuuntainen Groenin ja Vosin (1995) saamien periytymisasteiden (0,41 – 0,64) kanssa, vaikkakin heidän tulokset olivat painosta siemennettäessä, tiineyden aikana, poikimisen aikana ja 2 päivää poikimisen jälkeen. Groenin ja Vosin (1995) tutkimuksen aineisto oli pieni (631 hiehoa) ja eläimet olivat samalta tilalta, mikä voi vaikuttaa periytymisasteisiin, vaikka keskivirheet olivat pieniä (0,07 – 0,09). Myös Coffeyn ym. (2006) saama korkeampi periytymisaste, 0,75, oli poikimisen aikaisen painon periytymisaste, kun taas tässä tutkimuksessa huomioitiin painoja, kun poikimisesta on jo kauemmin ja eri laktaatiokausilta.

Toistuvuus kuvaa samalta eläimeltä tehtyjen mittausten välistä yhteyttä, eli fenotyyppistä korrelaatiota eri-ikäisinä mitattujen painojen välillä. Painoaineistosta laskettu toistuvuus 0,63 osoittaa yhden mittauksen kuvaavan melko hyvin eläimen ominaisuutta eri-ikäisenä. Aiemmissa tutkimuksissa fenotyyppiset korrelaatiot eri poikimakertojen painojen välillä ovat olleet 0,45 – 0,76 (esimerkiksi Coffey ym. 2006).

6.3.2 Kasvu

Groen ja Vos (1995) saivat tutkimuksessaan syntymästä 350 päivän ikään kasvulle periytymisasteeksi 0,48 ja siemennyksestä (350 d) kaksi päivää poikimisen jälkeen kasvulle 0,19. De Roo ja Fimland (1983) saivat periytymisasteeksi 0,40. Tässä tutkimuksessa saatu kasvun periytymisaste 0,36 – 0,37 oli samansuuntainen. On huomioitava, että tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia, sillä kasvu on laskettu eri ajanjaksoilta. Tässä tutkimuksessa kasvu laskettiin syntymästä teurastuspäivään, eli sonneilla 16 – 24 kuukauden ikään ja hiehoilla 14 – 22 kuukauden ikään. Lisäksi Groenin ja Vosin (1995) aineistossa oli mukana ainoastaan hiehoja ja De Roolla ja Fimlandilla (1983) oli sonniaineisto. Kasvun periytymisasteiden keskivirheet olivat pieniä sekä tässä että Groenin ja Vosin (1995) tutkimuksessa.

6.3.3 Aikuispainon ja kasvun geneettinen korrelaatio

Tässä tutkimuksessa saatu painon ja kasvun välinen geneettinen korrelaatio 0,57 osoittaa kasvun ja painon välillä olevan korkea yhteys. Tulos on myös luotettava keskivirheen ollessa pieni (0,03). Aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu korkeampia korrelaatioita. On kuitenkin huomioitava, että tässä tutkimuksessa käytetty kasvu- ja painoaineisto olivat eri eläimiltä. Aineistossa ei siis ollut eläimiä, joilla olisi ollut havainto sekä kasvusta että painosta, eli korrelaatio perustuu sukulaisten informaatioon. Groenin ja Vosin (1995) tutkimuksessa painon ja kasvun välillä sekä geneettinen korrelaatio (0,96 – 1) että fenotyypinen korrelaatio (0,64 – 0,68) olivat korkeita, mutta heidän tutkimuksessaan sekä kasvu- että painotiedot olivat eri-ikäisiltä eläimiltä kuin tässä tutkimuksessa. Heillä kasvu oli jaettu kahteen ikäkauteen ja painotiedot olivat ensimmäisen poikimisen jälkeisiä painoja. Lisäksi korrelaatio oli laskettu yhden tilan aineistosta, eikä korrelaatioiden keskivirheitä mainittu. Mutta heidän aineistossa oli samalta eläimeltä sekä kasvu- että painohavainto. Myös De Roon ja Fimlandin (1983) saama sonnien kasvun ja painon välinen geneettinen korrelaatio oli korkea.

6.3.4 Kasvun ja aikuispainon muutos

Kasvussa ei punaisilla roduilla ole tapahtunut suuria muutoksia 1996 – 2015 (NAV 2017). Tässä tutkimuksessa muutos oli hieman positiivinen ayrshirellä 2010 – 2014 ja sen jälkeen negatiivinen, mutta muutokset olivat hyvin pieniä. On huomattava, ettei syntymävuosi ollut tilastollisesti merkitsevä kasvun osalta eikä syntymävuosi ollut mukana mallissa. Sitä käytettiin kuitenkin perinnöllisen muutoksen tarkasteluun, koska perinnöllistä muutosta yleensä tarkastellaan syntymävuoden perusteella.

Tässä tutkimuksessa aikuispainon perinnöllinen muutos oli negatiivinen 2008 – 2014 (kuva 7) ja eri suuntainen saatuun fenotyyppiseen trendiin (kuva 1) nähden. On huomioitava, että fenotyyppistä trendiä kuvattiin lehmien painotietojen mittausvuoden mukaan ja genotyyppistä trendiä syntymävuoden mukaan. Lisäksi fenotyyppisen muutoksen kuvaamiseen käytettiin ainoastaan lehmien omia havaintotietoja, mutta perinnöllisen trendin kuvaamisessa oli mukana myös lehmien sukupuutiedot ja siten eläimiä, joilla ei ollut omia havaintoja. Perinnöllinen muutos oli eri suuntainen myös NAV :n (2017) koon jalostusarvon muutokseen nähden, joka on ollut positiivinen vuodesta 1996 vuoteen 2015. Lehmillä muutos on ollut tuolla tarkastelujaksolla 12,3 indeksipistettä ja sonneilla 13,4, mutta 2006 – 2015 muutos on ollut pienempi (lehmillä 6,9 ja sonneilla 3,4 indeksipistettä). Vaikka koolla ei ole kokonaisjalostusarvossa painokerrointa, saattaa koon ja eläinten painon muutokseen vaikuttaa korreloivien ominaisuuksien valinta. Tämän tutkimuksen aineiston tarkastelujaksolla ei ole enää jalostettu maitotuotosta. Korkean tuotoksen ylläpitäminen vaatii kuitenkin eläimiltä riittävää syöntikykyä. Tuotos, syönti, energiatasapaino ja rehujen koostumus vaikuttavat eläimen painoon (Van Arendonk ym. 1991, Hietanen ja Ojala 1995, Veerkamp ja Brotherstone 1997) eikä niitä huomioitu tässä tutkimuksessa. Perinnöllisen muutoksen arvioinnissa on tärkeää, että mallin tekijät on valittu oikein (Bonaiti ym. 1994). Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli kuitenkin selvittää periytymisasteita ja perinnöllisen muutoksen luotettavuuden arviointi tarkemmin on oleellista, jos sitä käytetään arvostelussa. Tuolloin perinnöllisen muutoksen luotettavuus vaikuttaa eläinten valintaan ja siten valinnan onnistumiseen.

Kasvun jalostaminen olisi mahdollista sen periytymisasteen ollessa melko korkea. Kasvun ja painon välisen korrelaation vuoksi kasvun jalostaminen nostaisi kuitenkin lehmän aikuispainoa, mikäli aikuispainolle ei käytetä samanaikaisesti negatiivista painoa. Kun aikuispainolle käytetään negatiivista painoa estämään sen nousua, kasvun perinnöllinen muutos hidastuu, muttei kuitenkaan kokonaan tyrehdy. Hietalan ja Jugan (2017) mukaan kasvun ja painon samanaikainen jalostaminen olisi helpompaa geneettisen korrelaation ollessa heidän tutkimuksessaan käyttämää (0,8) pienempi. Samanaikainen jalostaminen voisi parantaa tuotannon taloudellista kannattavuutta, koska kasvun taloudellinen arvo on positiivinen ja painon negatiivinen. Tulevaisuudessa näiden kummankin ominaisuuden taloudellinen merkitys saattaa olla nykyistä suurempi, mikäli ympäristöystävällistä tuotantoa suositaan, minkä seurauksena kasvun ja painon lisääminen kokonaisjalostusarvoon olisi vieläkin kannattavampaa. Siten taloudellinen hyöty voisi nousta, jos kasvu ja paino olisivat mukana jalostusindeksissä. Tämän tutkimuksen tuloksia voisi hyödyntää tulevaisuudessa kokonaisjalostusarvoindeksin kehittämisessä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa selvitettiin päiväkasvun ja aikuispainon geneettistä vaihtelua ayrshire-rotuisilla eläimillä. Tavoitteena oli tutkia ominaisuuksien välistä yhteyttä ja arvioida niiden välinen geneettinen korrelaatio. Geneettisen korrelaation suuruus vaikuttaa siihen, kuinka menestyksellisesti kasvua voidaan parantaa jalostusvalinnan avulla ilman, että aikuispaino samalla nousee.

Tämän tutkimuksen perusteella kasvussa ja aikuispainossa on runsaasti geneettistä vaihtelua ja niiden välillä on positiivinen korrelaatio. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että nopeampi kasvu ei välttämättä johda korkeampaan painoon täysikasvuissa. Kasvua ja painoa voisi olla mahdollista jalostaa samanaikaisesti, mikäli ominaisuuksien painokertoimet valitaan oikein. Samanaikaisella jalostuksella myös tuotannon taloudellinen kannattavuus paranisi. Kun kasvun jalostaminen ei nostaisi täysikasvuisten lehmien painoa, tuotanto olisi resurssitehokasta ja ympäristöä säästävää.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää yliopistonlehtori Jarmo Jugaa mielenkiintoisesta maisterintutkielma-aiheesta ja tutkielmani ohjaamisesta. Sain neuvoja, kommentteja ja korjausehdotuksia aina kun tarvitsin. Kiitos myös tutkijatohtori Johanna Häggmanille avusta aineiston analysoinnissa. Kiitokset myös perheelleni ja ystävilleni, jotka ovat tukeneet ja auttaneet opintojeni ajan.

LÄHTEET

- Akins, M. S. 2016. Dairy Heifer Development and Nutrition Management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 32(2): 303–317.
- Alford, A. R., Hegarty, R. S., Parnell, P. F., Cacho, O. J., Herd, R. M. & Griffith, G. R. 2006. The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emissions from the Australian beef industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 46(7): 813-820.
- Arthur, P. F., Donoghue, K. A., Herd, R. M. & Hegarty, R. S. 2009. The role of animal genetic improvement in reducing greenhouse gas emissions from beef cattle. *Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, 18: 472-475.
- Arthur, P. F., Herd, R. M. & Basarab, J. A. 2010. The role of cattle genetically efficient in feed utilisation in an Australian carbon trading environment. *Australian Farm Business Management Journal*, 7(2): 5-14.
- Atriatuottajat. <https://www.atriatuottajat.fi/atrianauta/lihanautatila/Sivut/default.aspx>. Viitattu 25.9.2017.
- Bailey, T. L. & Murphy, J. M. 2009. Monitoring dairy heifer growth. *Virginia Cooperative Extension Publication*, 404-286.
- Boadi, D. A., & Wittenberg, K. M. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique. *Canadian Journal of Animal Science*, 82(2), 201-206.
- Bonaiti, B., Boichard, D., Barbat, A. & Mattalia, S. 1994. Three methods to validate the estimation of genetic trend in dairy cattle. *Interbull Bulletin*, 10.
- Coffey, M. P., Hickey, J. & Brotherstone, S. 2006. Genetic aspects of growth of Holstein-Friesian dairy cows from birth to maturity. *Journal of dairy science*, 89(1): 322-329.

- De Roo, G. & Fimland, E. A. 1983. A genetic analysis of performance and progeny test data for young bulls of Norwegian Red Cattle and various Friesian crosses. *Livestock Production Science*, 10: 123-131.
- Faba Osk. Lypsykarjarodut Suomessa.
<http://www.faba.fi/fi/tietopankki/lypsykarjarodut-suomessa>. Viitattu 28.9.2017.
- Groen, A. F. & Vos, H. 1995. Genetic parameters for body weight and growth in Dutch Black and White replacement stock. *Livestock Production Science*, 41(3): 201-206.
- Hietala, P. & Juga, J. 2017. Impact of including growth, carcass and feed efficiency traits in the breeding goal for combined milk and beef production systems. *Animal*, 11(4): 564-573.
- Hietala, P., Wolfová, M., Wolf, J., Kantanen, J. & Juga, J. 2014. Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. *Journal of dairy science*, 97(2): 1092-1106.
- Hietanen, H. 1992. Ayrshire- ja friisiläislehmien elopainon perinnölliset tunnusluvut ja yhteydet maidontuotanto-ominaisuuksiin. Kotieläinten jalostustieteen pro gradu -työ. KOTIELÄINJALOSTUKSEN TIEDOTE No 96. Helsinki: Yliopistopaino. 80 s.
- Hietanen, H. & Ojala, M. 1995. Factors affecting body weight and its association with milk production traits in Finnish Ayrshire and Friesian cows. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 45(1): 17-25.
- Huuskonen, A. 2010. Teuraspainot kasvavat-ruhot rasvoittuvat. *Nauta* 1: 52-53.
- Huuskonen, A. & Lamminen, P. 2010. Naudan rasvoittumiseen vaikuttavat tekijät. Teoksessa Huuskonen, A. (toim.). Kehitystä naudanlihantuotantoon I. MTT Kasvu9. Jokioinen: MTT. 58-74.
- Huuskonen, A., Lamminen, P. & Joki-Tokola, E. 2009. The effect of concentrate level and concentrate composition on the performance of growing dairy heifers reared and finished for beef production. *Acta Agriculturae Scand, Section A - Animal Science*, 59(4), 220-229.

- Huuskonen, A. & Joki-Tokola, E. 2014. Valkuaistäydennyksen merkitys kasvavien sonnien kokoviljasäilörehuruokinnalla. Teoksessa Huuskonen, A. (toim.). Kehitystä naudanlihantuotantoon–loppuraportti. MTT raportti 167. Jokioinen: MTT. 29-40.
- Huuskonen, A., Pihamaa, P., Joki-Tokola, E., Khalili, H., Kiljala, J. & Pietola, K. 2005. Seosrehuruokinnan väkirehutason ja valkuaislisän vaikutus tuotantoon ja tuotannon talouteen kasvavilla lihanaudoilla. Teoksessa Pihamaa, P & Huuskonen A. (toim.). Uusien naudanlihantuotantomenetelmien talous. MTT Maa ja elintarviketalous 75. Helsinki: MTT. 37-61.
- Koenen, E. P. C., Berentsen, P. B. M. & Groen, A. F. 2000. Economic values of live weight and feed-intake capacity of dairy cattle under Dutch production circumstances. *Livestock Production Science*, 66(3): 235-250.
- Koenen, E. P. C. & Groen, A. F. 1996. Genetic analysis of growth patterns of black and white dairy heifers. *Journal of dairy science*, 79(3): 495-501.
- Madsen, P. & Jensen, J. 2013. A User's Guide to DMU. A package for analyzing multivariate mixed models. Version 6, release 5.2. Center for Quantitative Genetics and Genomics. Dept. of Molecular Biology and Genetics, University of Aarhus. Research Centre Foulum. Denmark. 32 s.
- Mc Kiernan, B., Gaden, B. & Sundstrom, B. 2007. Dressing percentages for cattle. *Primefact* 340.
- Mourits, M. C. M., Huirne, R. B. M., Dijkhuizen, A. A., Kristensen, A. R. & Galligan, D. T. 1999. Economic optimization of dairy heifer management decisions. *Agricultural systems*, 61(1): 17-31.
- NAV Nordic Cattle Genetic Evaluation. 2017. Perinnöllisen edistymisen kuvaaja. <http://www.sweebv.info/ba52nycknav.aspx>. Viitattu 15.10.2017.
- Nkrumah, J. D., E. K. Okine, G. W. Mathison, K. Schmid, C. Li, J. A. Basarab, M. A. Price, Z. Wang, and S. S. Moore. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of animal science*, 84(1), 145-153.

- Palmio, A., Rinne, M. & Mäntysaari, P. 2014. Hiehojen ruokintasuositusten kansainvälinen vertailu. Maataloustieteen päivät. MTT.
- Pesonen, M. 2010. Liharotuisten nautojen rehun hyväksikäyttö ja residuaalinen syöinti. Teoksessa Huuskonen, A. (toim.). Kehitystä naudanlihantuotantoon I. MTT kasvu9. Jokioinen: MTT. 75-114.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2014. Naudanlihantuotannon ympäristövaikutukset - kirjallisuusselvitys. MTT Raportti 156. Jokioinen: MTT. 136 s.
- Phocas, F. & Sapa, J. 2004. Genetic parameters for growth, reproductive performance, calving ease and suckling performance in beef cattle heifers. *Animal Science*, 79(1): 41-48.
- Raisioagro. 2017. Raisioagron Hieho 24 -ohjelma. <http://www.raisioagro.com/vasikat-ja-hiehot-ruokinta>. Viitattu 8.10.2017.
- Rajala, H. 1993. Nautakarjatalous. 5. painos. Helsinki: kirjayhtymä. 285 s.
- R Core Team 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sampolahti, S. 2014. Bioekonominen malli lypsykarjan jalostustavoitteiden arvioinnissa. Pro gradu. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 34 s.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. & De Haan, C. 2006. Livestock's long shadow: Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rooma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>. Tulostettu 29.11.2016.
- Strandén, I. 2011. RelaX2 for pedigree analysis. Manual. 76 s.
- Tilastokeskus. 2017. SUOMEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT 1990–2016. http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/suomen_kasvihuonekaasupaastot_1990-2016_final.pdf. Viitattu 7.10.2017.
- Van Arendonk, J. A. M., Nieuwhof, G. J., Vos, H. & Korver, S. 1991. Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers. *Livestock Production Science*, 29(4), 263-275.

- Veerkamp, R. F. & Brotherstone, S. 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, live weight and condition score in Holstein Friesian dairy cattle. *Animal Science*, 64(3), 385-392.
- Visser, P. M., Bowman, P. J. & Goddard, M. E. 1994. Breeding objectives for pasture based dairy production systems. *Livestock Production Science*, 40(2): 123-137.
- Wall, E., Simm, G. & Moran, D. 2010. Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4(3): 366-376.